

**Інститут державного управління у сфері цивільного захисту  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна  
Фізико-енергетичний факультет  
Кафедра безпеки життєдіяльності**

# **Основи виявлення та оцінка радіаційної обстановки в разі аварії на АЕС**

**Для самостійного вивчення**

# Навчальна мета:

**1. Вивчити вимоги керівних документів з питань прогнозування і оцінки радіаційної обстановки у випадку аварій на АЄС.**

**2. Привити слухачам практичні навички з розв'язання практичних задач щодо оцінки радіаційної обстановки.**

# Навчальні питання:

1. Основи прогнозування і оцінка радіаційної обстановки у випадку аварій на АЕС.

2. Приклади застосування "Методики виявлення та оцінки радіаційної обстановки при руйнуваннях (аваріях) АЕС (Розв'язання практичних задач)

## Перше питання:

Основи прогнозування і оцінка  
радіаційної обстановки у випадку  
аварій на АЕС



# Керівні документи з питань РХЗ:

1. Спільний Наказ МНС, Мінагропол, Мінекономики, Мінекології від **27.03.2001 № 73/82/64/122** "Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) НХР при аваріях на промислових об'єктах і транспорті".
2. Наказ МНС від **06.03.2002 №186** "Про затвердження Методики спостережень щодо оцінки РХО".
3. Методика выявления и оценки радиационной обстановки при разрушениях (авариях) АЭС. Москва, ГШ РВ, 1989 г.

# Оцінка радіаційної обстановки

Це визначення:

- масштаб  $R_3$ ;
- активності  $PP$  поглинутою людиною інгаляційним шляхом;
- дози випромінювання на місцевості від проходження радіоактивної хмари;
- дози випромінювання при розтушуванні на забрудненій місцевості та подолання її;
- допустимого часу початку робіт на забрудненій місцевості;
- допустимий тривалості робіт на забрудненій місцевості;
- допустимого часу подолання забрудненої частки маршруту руху;
- радіаційних втрат від проходу радіоактивної хмари та забруднення місцевості.

# Прогнозування і оцінка РО

## Вихідні данні

### I. Інформація щодо АЕС:

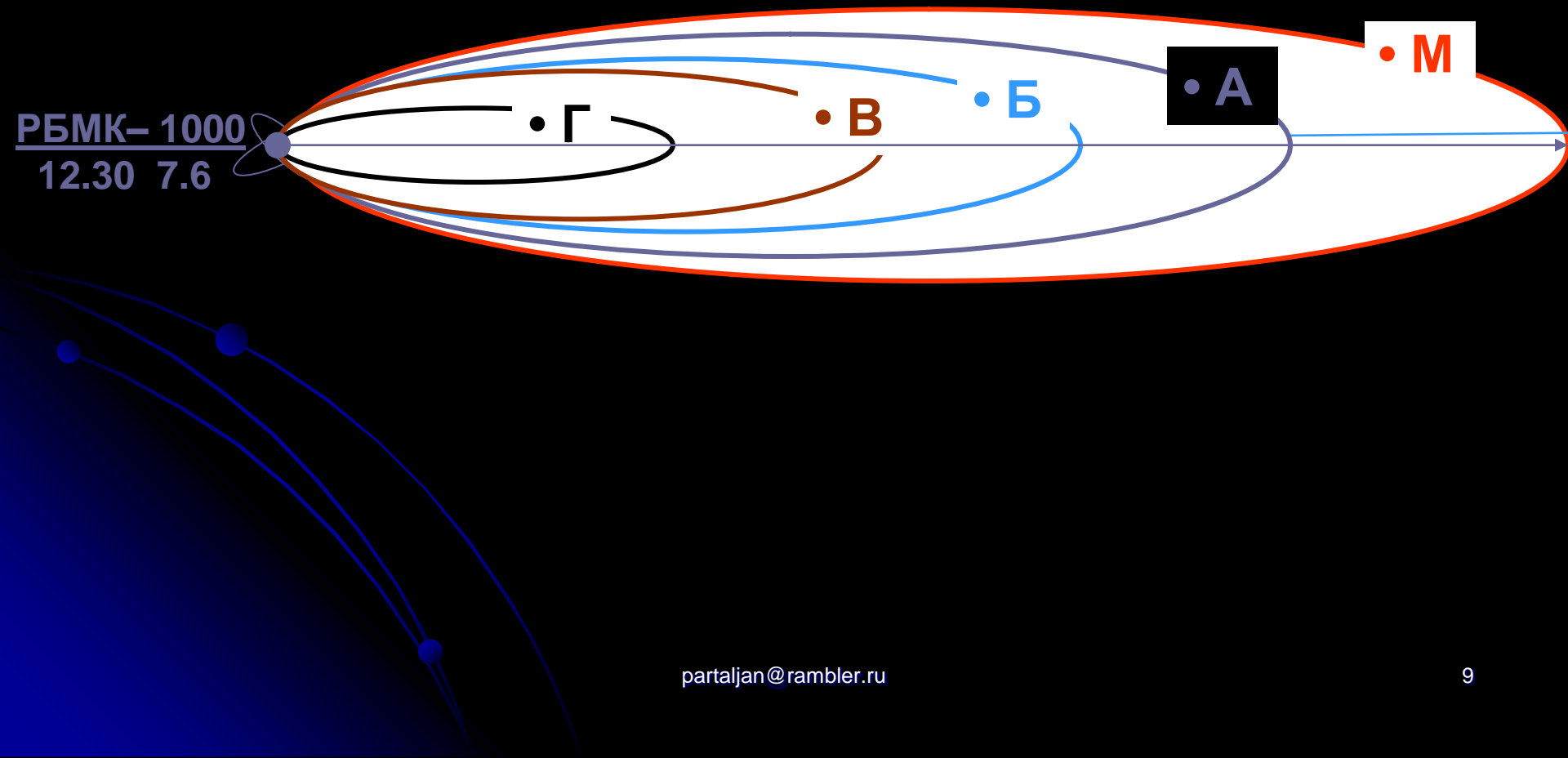
- тип ЯЕР;
- електрична потужність ЯЕР, мВт (w);
- кількість аварійних ЯЕР (n);
- координати ЯЕР або АЕС;
- час аварії;
- кількість викинутих з ЯЕР РР, % (h<sup>7</sup>).  
partaljan@rambler.ru

# Прогнозування і оцінка РО

## Вихідні данні

### II. Метеоумови:

- напрямок вітру, град.;
- швидкість вітру, м/с;
- ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП )



# Характеристика ЗМРЗ

Індекс зони	Колір зони	Назва ЗМРЗ	Р1Г рад/год	∞Д, рад
<b>М</b>	<b>червоний</b>	Радіаційної небезпеки	<b>0,014</b>	<b>5</b>
<b>А</b>	<b>синій</b>	Помірного рад - го забруднення	<b>0,14</b>	<b>50</b>
<b>Б</b>	<b>зелений</b>	Сильного радіаційного забруднення	<b>1,42</b>	<b>500</b>
<b>В</b>	<b>коричневий</b>	Небезпечного рад - го забруднення	<b>4,2</b>	<b>1500</b>
		Надзвичайного		

# 1. Визначення потужності дози опромінення на сліді хмари Д, рад/год

$$D = D_x \cdot K_w \cdot K_t \cdot K_y \text{ (Рад/г)},$$

де:

$D_x$  - потужність дози на сліду хмари (табл. №7.14 - 7.15)

$K_w$  - коеф. потужності ( $K_w = 10 \cdot n \cdot w \cdot h$ )

$K_t$  - коефіцієнт що враховує спад потужності дози опромінення на різний час, (табл. 7.19 - 7.20)

$K_y$  - коефіцієнт потужності дози в стороні від сліду (табл. 7.16 - 7.18)

## 2. Визначення дози опромінення на сліді хмари Дмісц., рад

$$\text{Дмісц.} = \text{Дк} \cdot \text{Ку} \cdot \text{Кдоз.} \cdot \text{Кw} \text{ (рад)}$$

де:

**Кдоз.** – табл. 7.21-7.22

## 3. Визначення щільності забруднення місцевості по сліду хмари (As), ки/км<sup>2</sup>

$$\text{As} = \text{Дк} \cdot \text{Ку} \cdot \text{Кt} \cdot \text{Кw} \cdot \text{Кзабр.} \text{ (ки/км}^2\text{) де:}$$

**Кзабр.** – табл. 7.23



#### 4. Визначення дози опромінення на місцевості від РЗ хмари ( $D_{\text{опр}}$ ), рад

$$D_{\text{опр}} = D_{\text{табл.опр.}} \cdot K_{\text{опр}} \cdot K_y \cdot K_w \text{ (рад)}$$

де:

$D_{\text{табл.опр.}}$  – табл. 7.38 – 7.39

•  $K_{\text{опр}} = \Delta t_{\text{роб}} : 240$ , де:

$\Delta t_{\text{роб}}$  – тривалість роботи, год.

## 5. Визначення радіаційних втрат від РЗ хмари та забруднення місцевості П, (%)

**Дзаг. = Допр. + Дмісц., де:**

**Допр.** – доза опромінення на місцевості від РЗ хмари, рад, (див п.4)

**Дмісц.** – доза опромінення на сліді хмари, рад (див.п.2)

**П – табл. 7.46**

## 6. Радіаційні втрати від забрудненого одягу

Табл. 7.47

**As** → **Д** → **П%** → строки виходу зі  
строю (див. п.3)

**As** – щільність забруднення, ки/км<sup>2</sup>  
(див. п.3)

**Д** – потужність зони опромінення,  
рад/год (див. п.1)

**П** – радіаційні втрати, % (див. п.5)

**Типові режими рад. захисту робітників та службовців ОГД  
в умовах РЗ місцевості, які мешкають у кам'яних будинках з Кпос. – 10  
та використовують ПРУ з Кпос. – 50 – 100**

Найм зон	Р1год. після ядерного вибуху, р/г	Умовні найменування режиму захисту	Загальна тривалість дотримання режиму захисту, діб	Послідовність дотримання режиму захисту		
				I. Тривалість перебування в ПРУ (час зупинен. роботи об'єкта)	II. Тривалість роботи об'єкта з використанням для відпочинку ПРУ, діб	III. Тривалість роботи об'єкта з обмеженням перебування людей на відкритій місцевості протягом кожної доби до 1-2 годин, діб
А	25	5-А-1	0,5	до 2 годин	-	0,4
	50	5-А-2	1	4 годин	-	0,8
	80	5-А-3	2	5 годин	-	1,8
Б	100	5-Б-1	3	6 годин	-	2,7
	140	5-Б-2	5	9 годин	-	4,6
	180	5-Б-3	7	12 годин	1	5,5
	240	5-Б-4	10	16 годин	1,5	8
В	300	5-В-1	15	1 доба	2	12
	400	5-В-2	25	1,5 доби	3	20,5
	500	5-В-3	35	2 доби	4	29
	600	5-В-4	45	3 доби	5	37
	800	5-В-5	60	5 діб	7	48

# Режими рад. захисту населення в умовах РЗ у разі аварії на АЕС (Кпос.-20)

мР/год. ( мкЗ/г.)	№	Заходи захисту
0,1-0,3 (1-3)	I	<p>1. Укриття дітей в приміщеннях.</p> <p>2. Герметизація приміщень, вентиляційних отворів.</p> <p>3. Захист продуктів харчування, води, білизни. Обмеження знаходження населення на повітрі. Застосування ЗІЗ. Встановлення санітарних бар'єрів.</p>
0.3-1,5 (3-15)	II	<p>1), 2), 3). 4. Проведення йодної профілактики дітей.</p> <p>5. Обмеження знаходження населення на повітрі. Застосування ЗІЗ. Встановлення санітарних бар'єрів.</p>
1,5-15 (15-150)	III	<p>1), 2), 3), 4), 5). 6. Проведення йодної профілактики всього населення та часткова його евакуація.</p>

# Шляхи опромінення, фази аварій та захисні заходи, рівні втручання

Потенц. шляхи опром.	Фази аварій	Захисні заходи
1. Зовнішня радіація від установки	<div> <div>рання</div> <div>середня</div> <div>пізня</div> </div>	Укриття, евакуація, контроль доступу.
2. Зовнішня радіація від шлейфу		Укриття, евакуація, контроль доступу.
3. Вдихання активності що містяться у шлейфі		Укриття, йодна проф-ка, евакуація, контроль доступу.
4. Забруднення радіону-клідами шкіри та одягу		Укриття, евакуація, дезактивація населення
5. Зовнішня радіація від наземн. осід. активності		Евакуація, переселення, дезактив. місцевості, споруд
6. Вдихання повторно		Переселення,

# Критерії щодо початку проведення захисту населення від наслідків аварії:

## А) на ранній фазі розвитку аварії

Захисні заходи	Д <sub>10діб</sub> , МЗВ			
	Все тіло		Окремі органи	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Укриття, захист органів дихання та кожн. покров.	5	50	50	500
Йод. проф.: дорослі; - діти, вагітні жінки	-  partaljan@rambler.ru	-  -	50*  50*	500*  250*

## Б) на середній фазі розвитку аварії

Захисні заходи	Д за перший рік, мЗв			
	Все тіло		Окремі органи	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
Обмеження споживання забруднених продуктів та води	5	50	50	500
Переселення або евакуація	50 <small>partaljan@rambler.ru</small>	500	не визначається	не визначається <sup>20</sup>



# Оцінка РО за даними радіаційної розвідки

## Вихідні данні:

### 1. Інформація по АЕС:

- тип ЯЕР;
- час аварії.

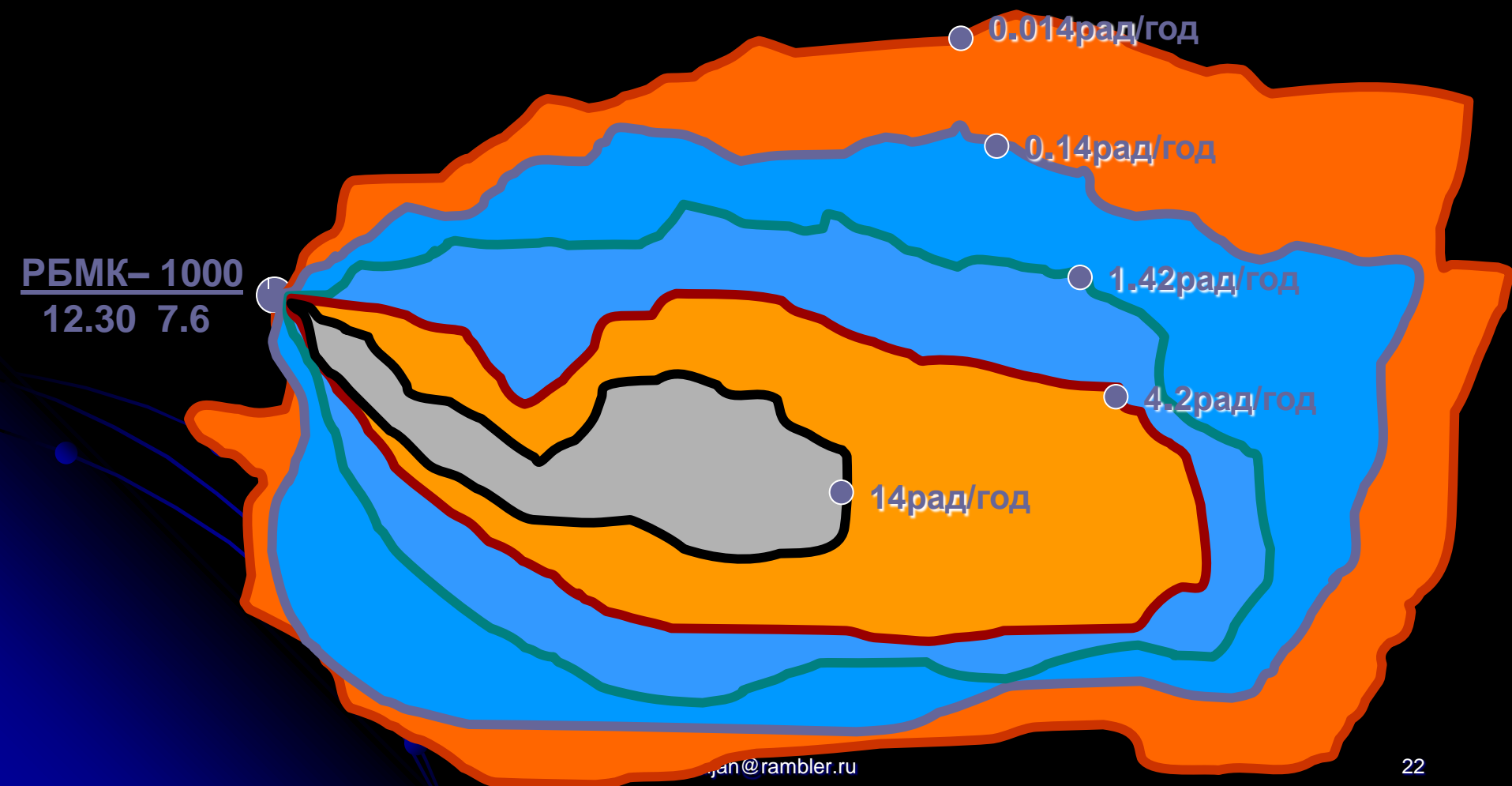
### 2. Данні радіаційної розвідки:

- потужність дози випромінюван. (рад/год);
- час вимірюван. потужності дози випромін.

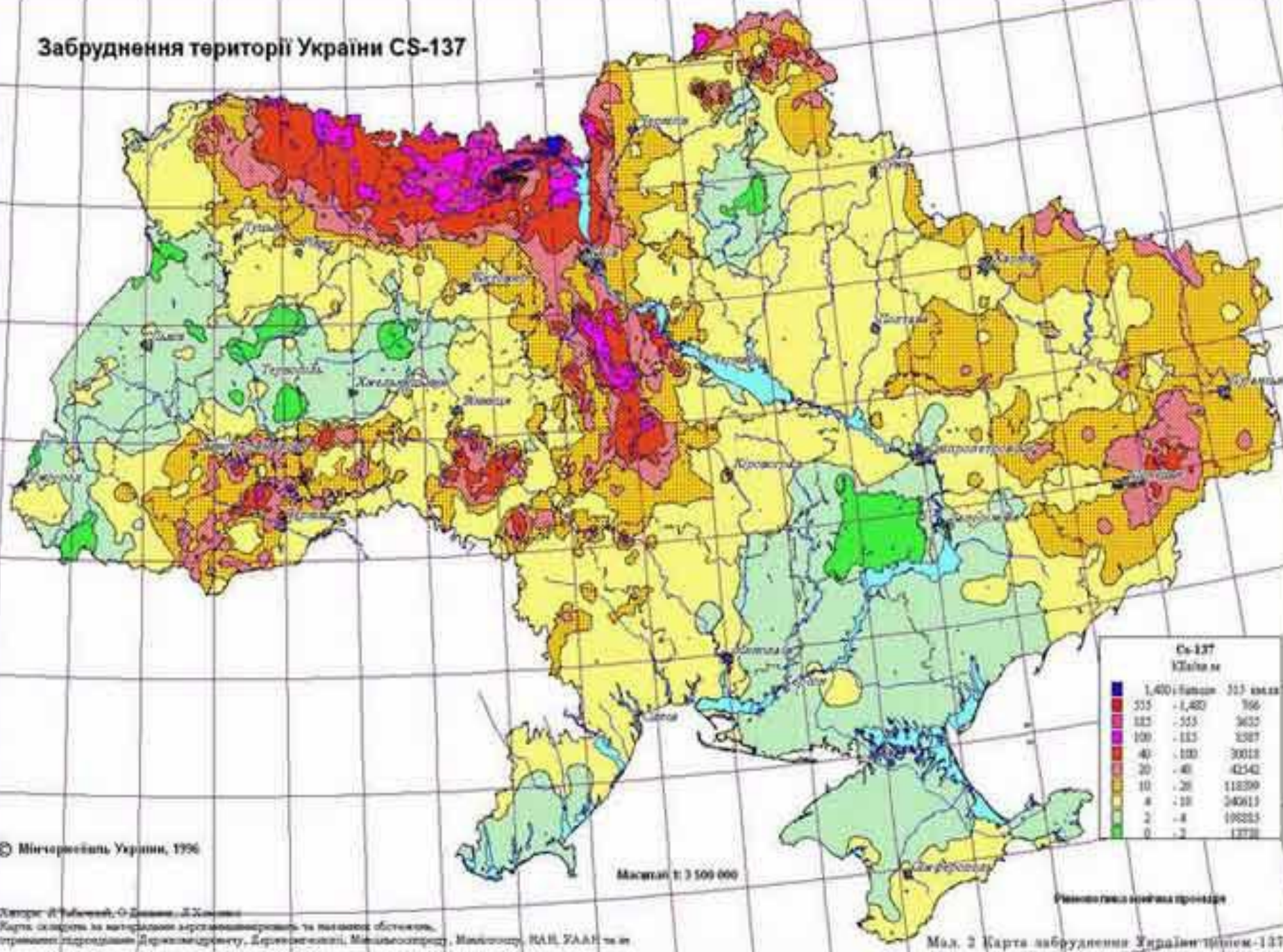
### 3. Додаткова інформація:

- потужн дози випромінюван Р/год., рад/год;
- координати заданої точки.

# Графічне зображення ЗРЗ при аварії на АЕС



# Забруднення території України Сs-137



Джерело: Р. Яценко, О. Давиденко, Л. Коваленко  
 Карта складена за матеріалами аерофотозйомки та наземних обстежень,  
 отриманих гідрологічним Держкомгідромету, Держкомхімією, Міншляхобуду, Мінлісоху, РАН, ФААН та ін.

# Категорії стійкості атмосфери

Швидкість ( $V_{10}$ ) вітру на висоті 10 м, м/с	Час суток				
	День			Ніч	
	Наявність облачності				
	відсутн.	середня	суцільн а	відсутн.	суцільн а.
$V_{10} < 2$	А	А	А	А	А
$2 < V_{10} < 3$	А	А	Д	Г	Г
$3 < V_{10} < 5$	А	Д	Д	Д	Г
$5 < V_{10} < 6$	Д	Д	Д	Д	Д
$V_{10} < 6$	Д	Д	Д	Д	Д

Позначення: А - сильно нестійка (конвекція);

Д - нейтральна (ізотермія);

Г - дуже стійка (інверсія).

## орієнтованої оцінки СВСО

Швидкість вітру, м/с	день (період від сходу сонця)			ніч (період від заходу сонця до сходу)		
	ясн о	напів`я сно	хмар но	ясно	напів`я сно	хмар но
0,5	КОНВЕКЦІЯ			ІНВЕРСІЯ		
0,6 - 2,0						
2,1- 4,0	ІЗОТЕРМІЯ			ІЗОТЕРМІЯ		
більше 4,0						



**Середня швидкість вітру (  $V_{\text{ср}}$  ) у шарі від поверхні землі до висоти переміщення центра хмари, м/с**

Категорія стійкості атмосфери	швидкість вітру на висоти 10 м ( $V_{10}$ ), м/с					
	< 2	2	3	4	5	> 6
<b>А</b>	2	2	5	-	-	-
<b>Д</b>	-	-	5	5	5	10
<b>Г</b>	-	5	10	10		-

# Розміри прогнозованих 33 місцевості на сліді хмари<sup>3</sup> при аварії АЕС (Категорія стійкості А, швидкість вітру 2 м/с)

Вихід активності, %	Індекси зон	Тип реактора					
		РБМК - 1000			ВВЕР – 1000		
		Довжина, км	Ширина, км	S, км <sup>2</sup>	Довжина, км	Ширина, км	Площа, км <sup>2</sup>
10	М	140	29,9	3290	185	40,2	5850
10	А	28,0	5,97	131	39,4	6,81	211
10	Б	6,88	0,85	4,62	-	-	-
10	В	-	-	-	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	249	61,8	12100	338	82,9	22000
30	А	62,6	12,1	595	82,8	15,4	1000
30	Б	13,9	2,71	29,6	17,1	2,53	34,0
30	В	6,96	0,87	4,48	-	-	-
30	Г	-	partaljan@rambler.ru	-	-	-	27_
50	М	324	81,8	2080	438	111	38400

Таблиця 4

**Розміри прогнозованих ЗЗ місцевості на сліді хмари**  
**при аварії АЕС (Категорія стійкості Д, швидкість вітру 5 м/с)**

Вихід активності, %	Індекси зон	Тип реактора					
		РБМК - 1000			ВВЕР – 1000		
		Довжина, км	Ширина, км	Площа, км <sup>2</sup>	Довжина, км	Ширина, км	Площа, км <sup>2</sup>
10	М	270	18,2	3860	155	8,76	1070
10	А	75,0	3,92	231	29,5	1,16	26,8
10	Б	17,4	0,69	9,40	-	-	-
10	В	5,80	0,11	0,52	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-	-
30	М	418	31,5	10300	284	18,4	4110
30	А	145	8,42	959	74,5	3,51	205
30	Б	33,7	1,73	45,8	9,90	0,28	2,21
30	В	17,6	0,69	9,63	-	-	-
30	Г	-	partaljan@rambler.ru	-	-	-	28
50	М	583	42,8	19600	379	25,3	7530



## Друге питання:

Приклад застосування "Методики  
виявлення та оцінки радіаційної  
обстановки при руйнуваннях  
(аваріях) АЕС  
(Розв'язання практичних задач)

## О 10 год.00 хв. 5.06. ц.р. виникла аварія на N-й АЕС.

### Вихідні дані:

- Тип ядерної енергетичної установки (реактору) – РБМК
- Потужність реактору,  $W$  (МВт) - 1000
- Кількість аварійних реакторів, (од) - 1
- Координати АЕС,  $x, y$  -
- Час аварії,  $T_{ав}$  (год., хв.) - 10.00, 5.05 ц.р.
- Вихід активності,  $h$  (%) - 30 %

### Метеоумови:

- Швидкість вітру,  $V$  (м, сек.) - 4
- Напрямок вітру,  $\phi$ , (град) - 270
- Стан хмарного покриву - середній

### Визначити:

Межі, довжину, ширину та площу зон можливого радіоактивного забруднення

## Рішення

**1. По табл.7.1 - визначаємо категорію стійкості атмосфери.**

Для  $V=4$  м/с, день

день  
↓  
середній  
↓  
 $4\text{ м/с} \rightarrow \text{Д (ізотерія)}$

**2. По табл.7.2 - визначаємо середню швидкість вітру у шарі ( $V_{10}$ ).**

Для Д (ізотермії) та  $V=4$  м/с

$4\text{ м/с}$   
↓  
 $\text{Д} \rightarrow 5\text{ м/с}$

**$V_{10} = 5\text{ м/с}$**

**3. Креслимо вісь зон можливого забруднення (ЗМЗ) для напрямку вітру 270 град.**

**4. По табл.7.4 - визначаємо розміри ЗМЗ  
для  $h = 30 \%$ , РБМК–1000**

**РБМК–1000**

↓  
**30 % →**

Індекс зон	Довжини, км	Ширина, км	Площа, км <sup>2</sup>
М	418	31,5	10300
А	145	8,42	959
Б	33,7	1,73	45,8
В	17,6	0,69	9,63
Г	-	-	-

**Додаткові дані : аварія сталася та вихід активності невідомий.**

**1. Реально вимірюється випромінювання на відстані ( $X_{\text{вим}}$ ) 5 – 15 км від аварійного реактора.**

Припустимо о 13 год.00 хв. (3 год. з моменту аварії) на відстані 10 км потужність дози випромінювання склала  $D^* = 5 \text{ рад/год.}$

**2. По табл.19 - визначаємо коефіцієнт  $K_t$  для перерахунку потужності дози на 1 год. після аварії. У нашому випадку:**

1 год.  
↓  
3 год → 1,33

$$K_t = 1,33$$

$$D^*_{1\text{год}} = D^* \cdot K_t = 5 \cdot 1,33 = 6,165 \text{ рад/год}$$

$$D^*_{1\text{год}} = 6,165 \text{ рад/год}$$

**3. По табл.7.14 - визначаємо потужність дози випромінювання, що прогнозується на 1 годину після аварії. У нашому випадку на відстані 10 км.**

**Для Д (ізотермії) ,  $V_{\text{ср}}=5$  м/с**

Д  
↓  
4м/с  
↓  
10км → 2.62рад/год

**Д\*прог. = 2,62 рад/год**

**4. Визначаємо процент викиду активності виходячи із співвідношення:**

$$h = D^*_{1\text{год}} / D^*_{\text{прог}} \cdot 10\% = 6.165 / 2,62 \cdot 10 = 23,3 \%$$

**h=23,3 % 12.8:**

**5. По табл.7.4 - визначаємо розміри ЗМЗ методом інтерполяції.**

**На прикладі зони М:**

$$\text{Довжина (L}_M\text{)} = 270 + [(418-270)/(30-10)] \cdot 10,73 = \mathbf{350 \text{ км}}$$

$$\text{Ширина (Ш}_M\text{)} = 18,2 + [(31,5-18,2)/(30-10)] \cdot 10,73 = \mathbf{25,4 \text{ км}}$$

$$\text{Площа (S}_M\text{)} = 3860 + [(10300-3860)/(30-10)] \cdot 10,73 = \mathbf{7315,06 \text{ км}^2}$$

# Дякую за увагу!

